

## 6.5. PAROWANIE ZE ŚNIEGU I LODU

Zimą parowanie terenowe jest znacznie niższe niż w okresie wegetacyjnym. Ubytki wody następują w procesie sublimacji śniegu i lodu. Do obliczenia wielkości sublimacji z pokrywy śnieżnej można zastosować wzór **J. Szkutnickiego**:

$$E_s = 0,25d_a + 1,33 \log(u_a + 1) + 0,02p - 17,09 \quad (6.5.1)$$

gdzie:

- $E_s$  – suma dobową sublimacji z pokrywy śnieżnej [mm·d<sup>-1</sup>],
- $d_a$  – średni dobowy niedosyt wilgotności powietrza [hPa],
- $u_a$  – średnia dobową prędkość wiatru na wysokości 2 m n.p.g. [m·s<sup>-1</sup>],
- $p$  – ciśnienie atmosferyczne [hPa].

Istnieją także wzory stosowane w innych krajach, np.:

– formuła Bengtssona:

$$E_s = k_e (1 + b_1 u_a) (e_0 - e) \quad (6.5.2)$$

– formuła Kuźmina:

$$E_s = (0,18 + 0,098 u_{10}) (e_0 - e) \quad (6.5.3)$$

– formuła Nyberga:

$$E_s = 0,052 + 0,019 u_a (e_0 - e) \quad (6.5.4)$$

gdzie:

- $k_e, b_1$  – stałe Kullusa ( $k_e = 0,018$ ;  $b_1 = 0,54$ ),
- $u_a$  – prędkość wiatru na wysokości 2 m n.p.g. [m·s<sup>-1</sup>],
- $e_0$  – ciśnienie (prężność) pary wodnej nasyconej zawartej w powietrzu o temperaturze równej temperaturze powierzchni śniegu [hPa],
- $e$  – aktualne ciśnienie (prężność) pary wodnej zawartej w powietrzu [hPa],
- $u_{10}$  – prędkość wiatru na wysokości 10 m n.p.g. [m·s<sup>-1</sup>].

Na podstawie badań pokrywy śnieżnej, **J. Ostromecki** opracował równanie:

$$E_s = 0,43d \quad (6.5.5)$$

gdzie:

- $E_s$  – parowanie z pokrywy śnieżnej [mm],
- $d$  – średni dobowy niedosyt wilgotności powietrza [hPa].

Formuła ta – mimo prostoty – daje zadowalające wyniki.



W porze zimowej, podczas zalegania pokrywy śnieżnej, sublimacja jest jednym z najważniejszych procesów powodujących ubytek wody ze zlewni

**utajone ciepło sublimacji** – ciepło pochłaniane podczas przejścia substancji ze stanu stałego bezpośrednio w stan gazowy; dla lodu wynosi 675,9 cal·g<sup>-1</sup>

## Przykład 1

Oblicz metodą Konstantinowa parowanie terenowe na stacji Gaik-Brzezowa (Pogórze Wiśnickie) w okresie od 1 do 10 sierpnia 1996 r. na podstawie danych zestawionych w tab. 6.5.1.

Tab. 6.5.1. Wyniki obserwacji meteorologicznych na stacji w Gaiku-Brzezowej w sierpniu 1996 r. oraz dane do wyznaczenia parowania terenowego

Dzień	Temperatura powietrza [°C]	Prężność pary wodnej [hPa]	Wielkość poprawki dla temperatury [°C]	Wielkość poprawki dla prężności pary wodnej [hPa]	Temperatura skorygowana [°C]	Prężność pary wodnej skorygowana [hPa]	Parowanie terenowe [mm]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	19,9	18,5	-1,8	-1,5	18,1	17,0	3,5
2	20,0	18,7	-1,8	-1,5	18,2	17,2	2,6
3	17,7	17,9	-2,1	-1,5	15,6	16,4	2,4
4	11,7	13,3	-2,5	-1,5	9,1	11,8	0,8
5	12,0	13,5	-2,3	-1,5	9,5	12,0	0,8
6	14,8	14,0	-2,3	-1,5	12,5	12,5	2,0
7	15,4	14,5	-2,5	-1,6	13,1	12,9	2,1
8	15,7	14,4	-2,5	-1,6	13,2	12,8	2,2
9	13,5	12,6	-2,7	-1,6	10,8	11,0	1,7
10	13,8	12,7	-2,7	-1,6	12,1	11,1	2,1

## Rozwiązanie

1. Obliczenie wartości skorygowanych temperatury powietrza i prężności pary wodnej

Wielkość poprawek dla temperatury powietrza i prężności pary wodnej (tab. 6.5.1, kol. 2, 3) należy odczytać z tab. 6.2.1 i zestawić w tabeli 6.5.1 (kol. 4, 5), a następnie obliczyć wartości skorygowane (tab. 6.5.1, kol. 6, 7).

2. Wyznaczenie parowania dobowego

Na podstawie obliczonych wartości skorygowanych temperatury i prężności pary wodnej w każdym dniu należy wyznaczyć parowanie dobowe według nomogramu Konstantinowa (ryc. 6.2.2.).

3. Obliczenie sumy parowania terenowego

Aby obliczyć wielkość parowania terenowego  $E_r$  w okresie od 1 do 10 sierpnia, należy zsumować wartości parowania dobowego (tab. 6.5.1, kol. 8):

$$E_r = 3,5 + 3,6 + 2,4 + 0,8 + 0,8 + 2,0 + 2,1 + 2,2 + 1,7 + 2,1 = 21,2 \text{ [mm]}$$

## Odpowiedź

Wielkość parowania terenowego na stacji Gaik-Brzezowa w okresie od 1 do 10 sierpnia 1996 r. wynosiła 21,2 mm.

**Przykład 2**

Oblicz ewapotranspirację potencjalną na stacji w Łazach (Pogórze Wiśnickie) w okresie od 1 do 10 lipca 1999 r.

**Rozwiązanie**

Aby obliczyć ewapotranspirację potencjalną w okresie od 1 do 10 lipca 1999 r. (10 dni), można zastosować wzór Türca (6.3.2). W tym celu należy wcześniej obliczyć średnie dekadowe wartości temperatury powietrza i promieniowania całkowitego (tab. 6.5.2, ostatni wiersz), a następnie podstawić do wzoru:

$$ET_{pd} = 0,15 \frac{22,4}{22,4 + 15} (477,0 + 50) = 47,4 \text{ [mm]}$$

**Odpowiedź**

Wielkość ewapotranspiracji potencjalnej na stacji w Łazach w okresie od 1 do 10 lipca 1999 r. wynosiła 47,4 mm.

Tab. 6.5.2. Wyniki pomiarów meteorologicznych na stacji w Łazach w lipcu 1999 r.

Dzień	Temperatura powietrza [°C]	Suma dobową promieniowania całkowitego [cal·cm <sup>-2</sup> ·doba <sup>-1</sup> ]
1	2	3
1	20,6	588,5
2	21,3	555,0
3	21,7	581,6
4	24,5	721,2
5	25,9	715,4
6	27,0	671,0
7	22,0	239,2
8	19,7	205,6
9	20,3	245,4
10	20,7	247,5
Średnia	22,4	477,0

**Przykład 3**

Oblicz wielkość parowania wskaźnikowego na stacji w Łazach w okresie od 1 do 10 lipca 1999 r.

**Rozwiązanie**

Aby obliczyć wielkość parowania wskaźnikowego, można zastosować wzór Baca (6.4.2) wykorzystując dane z tab. 6.5.3. Na przykład, wielkość parowania wskaźnikowego 6 lipca wynosi:

$$E_{od} = (100 \cdot 17,5 \sqrt{2 + 4 \cdot 671}) \cdot 10^{-3} \approx 5,2 \text{ [mm]}$$

Tab. 6.5.3. Wielkość elementów meteorologicznych na stacji w Łazach w lipcu 1999 r.

Dzień	Średni dobowy niedosyt wilgotności powietrza [hPa]	Średnia prędkość wiatru [m·s <sup>-1</sup> ]	Suma dobową promieniowania całkowitego [cal·cm <sup>-2</sup> ·doba <sup>-1</sup> ]	Parowanie wskaźnikowe [mm]
1	2	3	4	5
1	8,6	1,1	588,4	3,3
2	8,4	1,5	555,0	3,2
3	11,1	1,4	581,6	3,6
4	15,7	1,0	721,2	4,5
5	16,8	2,1	715,4	5,3
6	17,5	2,0	671,0	5,2
7	3,8	1,8	239,2	1,5
8	1,4	1,6	205,6	1,0
9	1,4	1,6	245,4	1,2
10	6,1	2,2	247,5	1,9
			suma	30,7

Obliczone wartości dobowe należy zsumować (tab. 6.2.4, kolumna 5, ostatni wiersz):

$$E_{od} = 3,3 + 3,2 + 3,6 + 4,5 + 5,3 + 5,2 + 1,5 + 1,0 + 1,2 + 1,9 = 30,7 \text{ [mm]}$$

### Odpowiedź

Wielkość parowania wskaźnikowego na stacji w Łazach w okresie od 1 do 10 lipca 1999 r. wynosiła 30,7 mm.

### Zadanie

Oblicz wielkość parowania różnymi metodami dla tej samej stacji i w tym samym okresie. Zwróć uwagę na różnice w otrzymanych wynikach. Czy mogą być spowodowane?